



HÁLÓZATI RENDSZEREK
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK
TANSZÉK

HÁLÓZATOK ALAPJAI ÉS ÜZEMELTETÉSE

Routing protokollok
2023. április 24.

Mészáros András

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék
meszarosa@hit.bme.hu



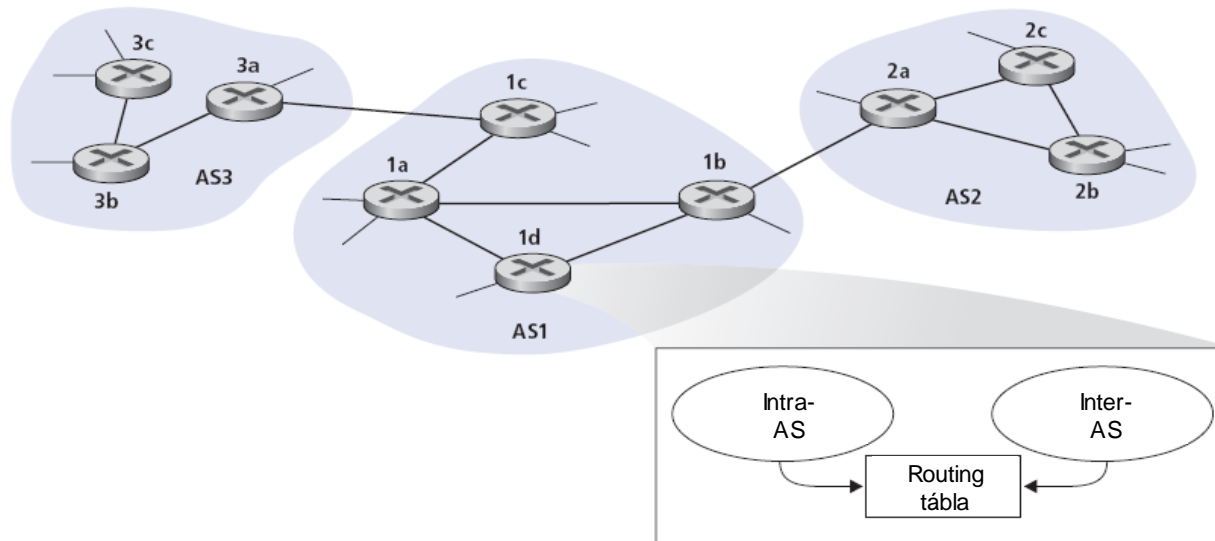
1. Hierarchikus routing
2. RIP
3. OSPF
4. BGP
5. Broadcast, Multicast

A fóliák elkészítéséhez felhasználtuk Jim Kurose és Keith Ross „Számítógép hálózatok működése” című könyvéhez készült fóliákat

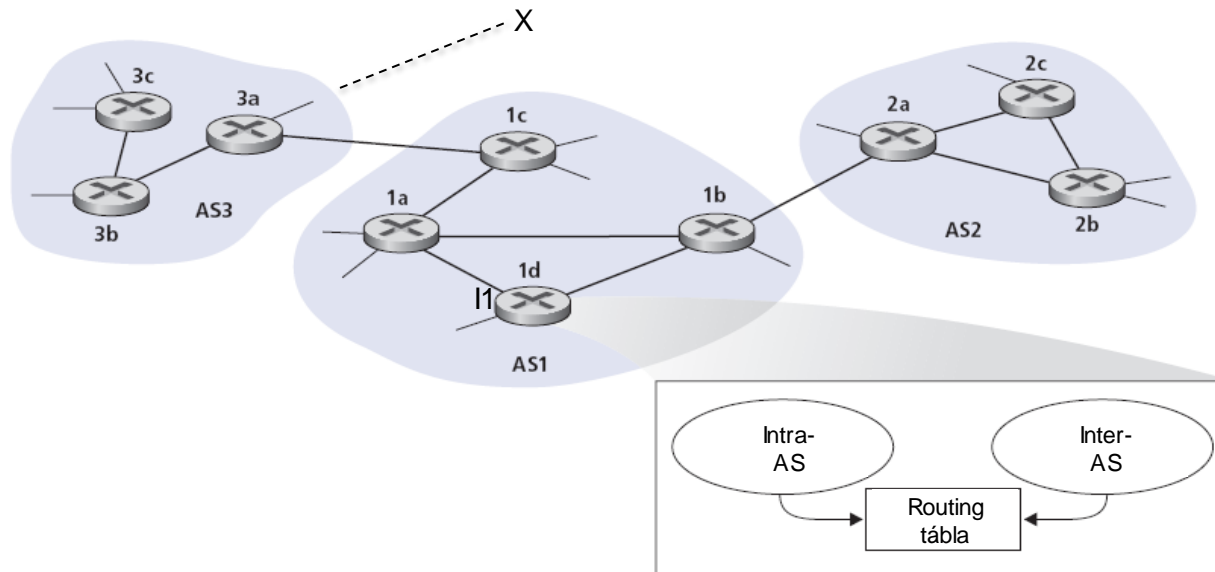
- Eddigi feltételezésünk az Internet magjáról
 - Minden router egyenlő
 - A hálózat lapos (flat), nincs hierarchia
 - Nem így van
- Skálázhatósági (nagyságrendi) probléma
 - Több százmillió hálózat
 - Egyenként tárolni a routing táblában lehetetlen
 - Az összevonva tárolást segíti a CIDR
 - Minden hálózatot hirdetni óriási terhelés lenne
- Adminisztrációs (hálózatigazgatási, üzemeltetési) probléma
 - Minden szervezetnek más lehet az elképzelése és a szabályzata
 - Mindenki lássa mindenkiét?

- A routereket csoportokba, ún. **autonóm rendszerekbe (autonomous system, AS)** szervezzük
 - Legtöbbször az üzemeltető szervezeteknek megfelelően
 - Gyakran egy szervezet – egy AS
 - Néha egy szervezet – több AS (pl. nagyobb ISP-k)
- Gateway-Router
 - Az AS olyan routere, amely össze van kötve egy másik AS routerével
- Az egy AS-ben lévő routerek egy routing protokollt futtatnak
 - **Interior Gateway Protocol (IGP) – “Intra-AS” protokoll**
 - A különböző AS-ekben akár eltérő IGP futhat
- Az AS-ek között is szükség van routingra
 - **Exterior Gateway Protocol (EGP) – „Inter-AS” protokoll**

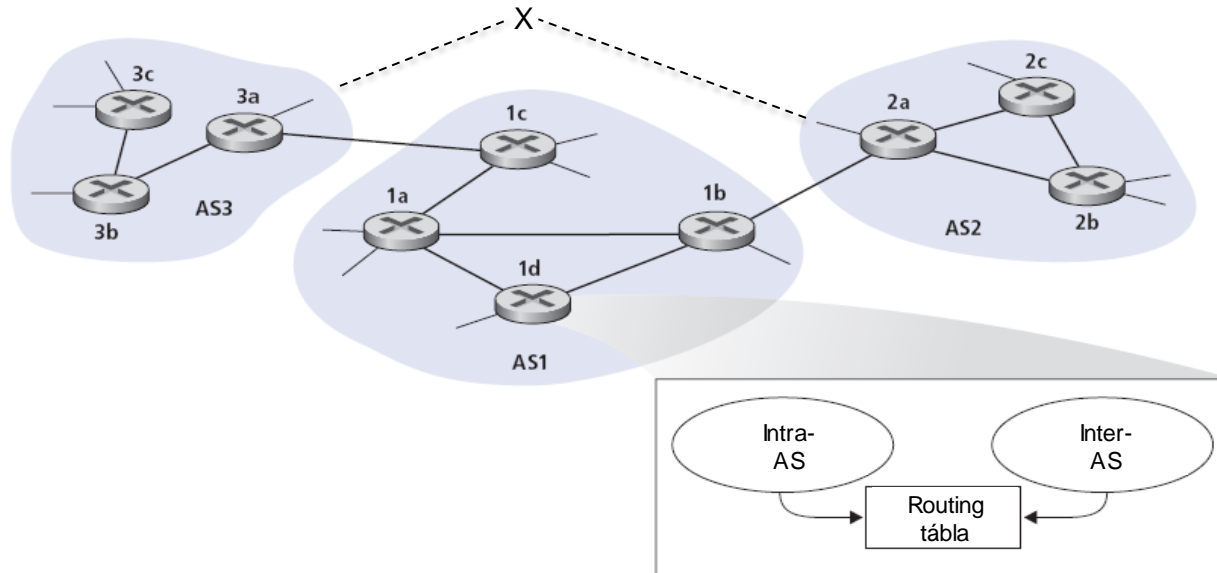
- A routing táblák kitöltése
 - Az adott AS-en belüli célok: Intra-AS routing alapján
 - Az adott AS-en kívüli célok: Inter-AS routing alapján
- Inter-AS routing feladata
 - Külső cím felé menő csomagot melyik gateway felé küldje egy AS1-beli router?
 - Fel kell térképezni az AS-ek hálózatát
 - Az információkat el kell juttatni AS-1 routereihez



- Az AS1 megtanulja Inter-AS routinggal, hogy az X hálózat AS3-felé érhető el
 - A megfelelő gateway az 1c
 - AS2 felé nem
- Az információt elterjeszti AS1 routerei között
 - Az Intra-AS routing segítségével
- Az 1d router bejegyzi a routing táblájába
 - Az 1c router az I1 interfész felé van, tehát az X is az I1 interfész felé van



- Az AS1 megtanulja Inter-AS routinggal, hogy az X hálózat már AS2-felé is elérhető
- AS1 routereiben csak egy irányt kell bejegyezni
 - Az Intra-AS routingból ismert költségeket is figyelembe kell venni
- Forró krumplici (hot potato) döntés – legolcsóbb kijutás az AS-ből
 - Az 1b közelebb van 1d-hez, menjen arra a csomag X felé
 - Gyakori, de nem az egyetlen megoldás

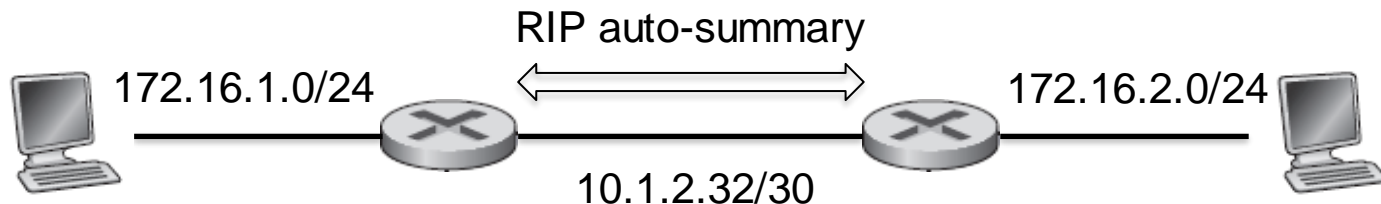


- Intra-AS – IGP
 - RIP – Routing Information Protocol
 - OSPF – Open Shortest Path First
 - EIGRP – Extended Interior Gateway Routing Protocol
 - Cisco fejlesztés, de már RFC-ben is elérhető
 - IS-IS – Intermediate System to Intermediate System
 - Inkább ISO-OSI, mint TCP-IP
 - Elsősorban ISP-knél alkalmazzák
- Inter-AS – EGP
 - BGP – Border Gateway Protocol

1. Hierarchikus routing
2. RIP
3. OSPF
4. BGP
5. Broadcast, Multicast

- Távolságvektor alapú routing
- Verziók
 - v1 – RFC 1058, v2 – RFC 2453, lefelé kompatibilis
 - IPv6 támogatás: RIPng – RFC 2080
- Költség (metrika)
 - Hopszám
 - Hozzákapcsolt hálózat költsége 1
 - Maximális érték 15 – végtelen érték 16
- Üzenetek – RIP hirdetések (advertisements)
 - A router távolságvektorokat küld a szomszédoknak
 - 30 másodpercenként, vagy közvetlen kérésre
 - UDP felett
- Szomszéd elérhetősége
 - 180 másodpercnyi csend után feltételezi
 - Poisoned reverse megoldással elterjeszti a rossz hírt

- Osztályalapú hálózatkezelés a RIPv1-ben
- Osztályalapú konfiguráció
 - A protokollal hirdető hálózatokat meg kell adni
 - A RIP-nél csak maszk nélkül adhatók meg hálózatok (osztályalapú címkezelés)
 - RIPv2-nél nem feltétlenül baj
- Automatikus összegzés (auto-summary)
 - Alapértelmezetten osztályalapon összevont címtartományokat hirdet
 - Baj lehet, ha egyébként osztály nélküli címkiosztást használunk



1. Hierarchikus routing
2. RIP
3. OSPF
4. BGP
5. Broadcast, Multicast

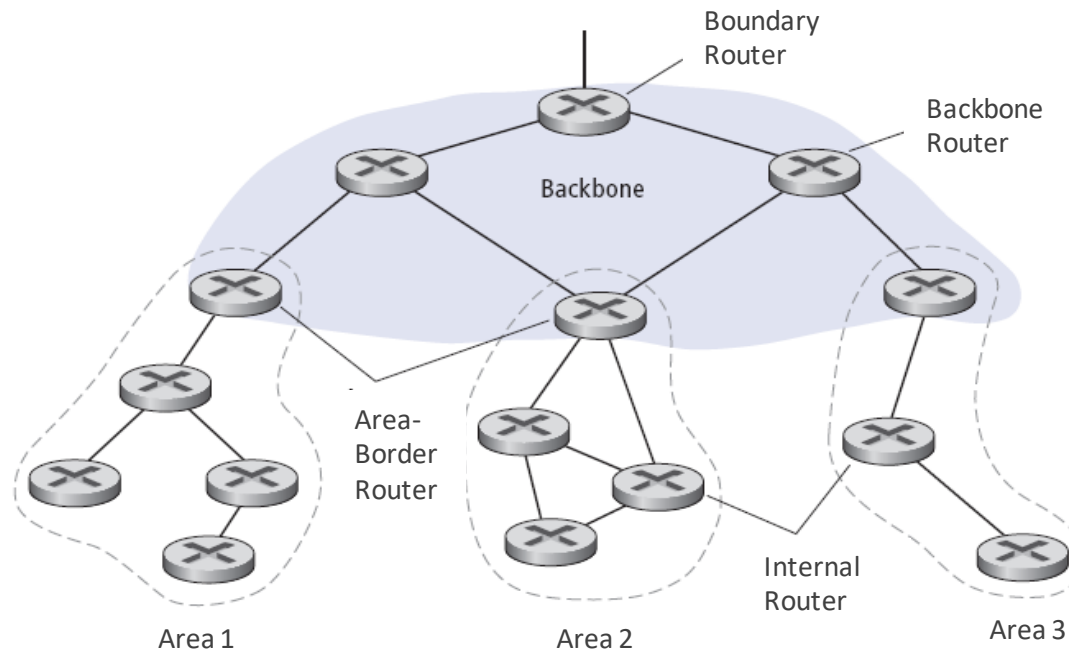
- Verziók
 - OSPFv2 – RFC 2328
 - IPv6 támogatás: OSPFv3 – RFC 5340
- „Open” – szabadon felhasználható
- „Shortest Path First” – legrövidebb út
- Támogatja az osztályfüggetlen címzést (CIDR)
 - Konfigurációkor a hálózatok hozzáadása maszkkal
 - Hirdetett információkban is
- Nincs osztályalapú összevonás (auto-summary)

- Linkállapot alapú routing
 - Minden OSPF router a hozzákapcsolt linkekről gyűjt információt
 - Információk hirdetése minden OSPF routernek (**Link State Advertisement, LSA**)
 - Periodikusan
 - Változás esetén
- Az OSPF LSA-k közvetlenül az IP datagramba vannak csomagolva
 - Egy megfelelő (multicast) IP címre küldve jut el a többiekhez
- Az LSA-k alapján minden OSPF router megismeri a routereket és linkeket
 - A hálózat térképe (Topology Map) előáll a routerekben
 - Minden routerben ugyanaz
- Útvonalszámítás a Dijkstra algoritmussal
 - A routing táblába csak az első hop kerül be
 - Változás esetén (nem feltétlenül teljes) újraszámolás

- Biztonság: az OSPF üzenetekre előírható autentikáció
- Sáv szélesség alapú, vagy kézzel állítható költség
- Egy célhálózat felé több azonos költségű alternatív útvonalat is képes előállítani és kezelni
 - Terhelésmegosztás
- A multicasting beépített támogatása
 - Multicast OSPF (MOSPF) ugyanazt a hálózattérképet használja fel
- Hierarchikus hálózatkezelés nagyobb AS-ek esetén

- Kétrétegű hierarchia

- Pontosan egy **gerinchálózati körzet (backbone area)**, azonosítója: 0
- Több, a gerincről leágó további körzet (local area)



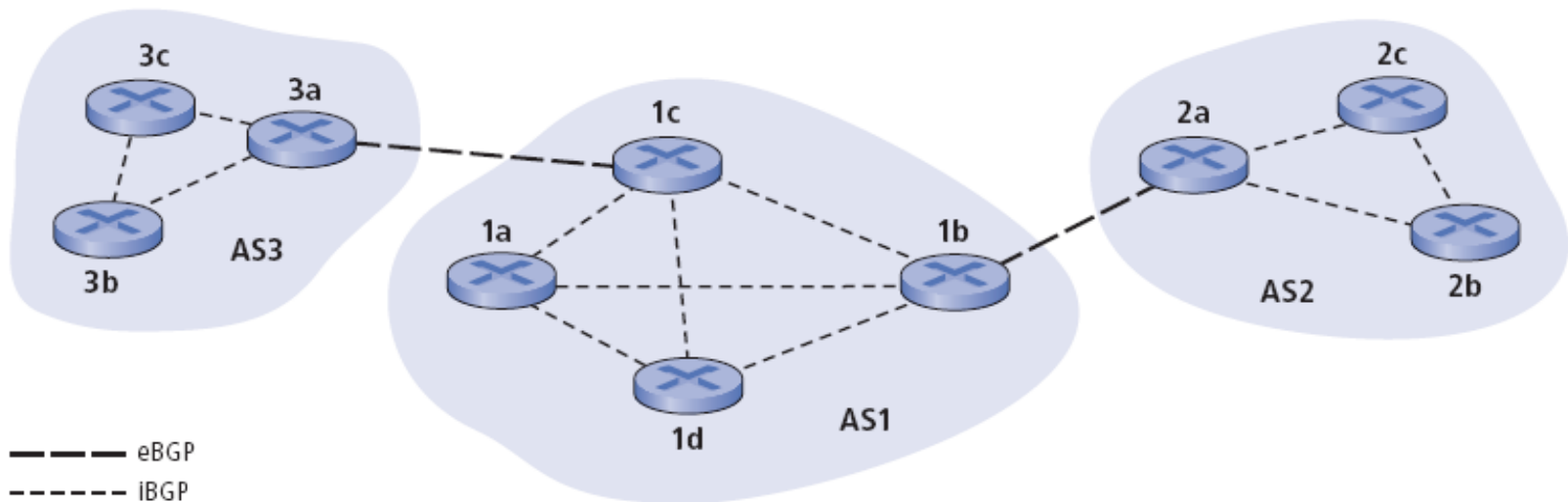
- LSA hirdetés korlátozása
 - Az LSA-kat csak az areán belül hirdetjük
 - Minden router ismeri a saját areájának a topológiáját
- Area-Border-Router (ABR)
 - A saját lokális areájában számított távolság-információkat összefogja
 - Az összefogott információkat hirdeti a gerinc-area felé
 - A gerinc-areából kapott összefogott információkat hirdeti a lokális areájában
 - Így végül minden router értesül a más areákban lévő hálózatokról is
- Routing
 - Areán belüli cél – intra-area
 - Másik areában lévő cél – inter-area
 - A gerincen keresztül
- Backbone-Router
 - A gerincben működteti az OSPF-t
- Boundary-Router
 - Kapcsolat más AS-ek felé – gateway

1. Hierarchikus routing
2. RIP
3. OSPF
4. **BGP**
5. Broadcast, Multicast

- 4. verzió: BGP-4 – RFC 4271
 - Az Internet de-facto szabványa az Inter-AS routingra
- Lehetővé teszi, hogy
 - Megismerjük a szomszédos AS-ekben lévő hálózatok elérhetőségi információit
 - Ezeket az információkat keresztüljuttassuk a saját AS-en
 - Útvonalakat határozzunk meg egy távoli hálózat felé
 - Az elérhetőségtől függően
 - Az alkalmazott **politikának (policy)** megfelelően
 - Saját hálózataink elérhetőségét más AS-ek felé hirdessük
 - Prefixek: hálózat, vagy összefogott hálózatok

- BGP-t futtató routerekből párokat képzünk (**BGP-Peers**)
 - A párok információkat cserélnek egymás között
 - Kommunikáció TCP felett megvalósított BGP-viszony(lat)okkal (**BGP session**)
 - Azonos AS-ben lévő routerek esetén belső BGP viszony: internal BGP session (**iBGP**)
 - Eltérő AS-ben lévő routerek esetén külső BGP viszony: external BGP session (**eBGP**)
- A BGP viszonyok nem feltétlenül egyetlen fizikai linknek felelnek meg
- Egy prefix hirdetésével az adott AS „megígéri”, hogy az abba tartozó célcímű datagramokat továbbítja
- A másik AS-ből kapott prefixeket aggregálva is tovább lehet hirdetni

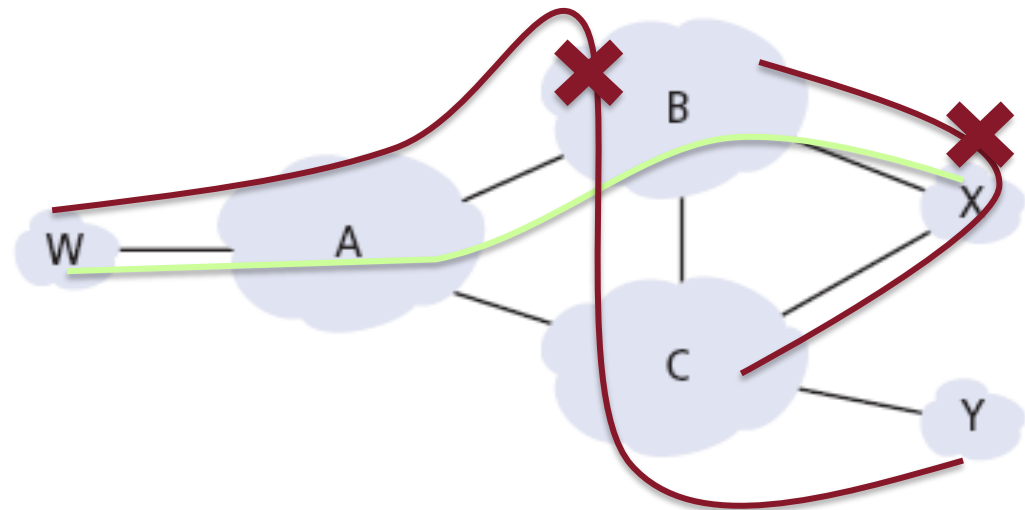
- AS3 hirdeti az elérhető prefixeket a 3a és 1c közötti eBGP viszonyon keresztül
- Az 1c iBGP viszonyokat használ, hogy elterjessze ezeket AS1-ben
- Az 1b továbbhirdeti a prefixeket AS2 felé az 1b és 2a közötti eBGP viszonyon keresztül



- A router egy prefix hirdetésekor útvonal-attribútumokat is küld
 - A BGP terminológiában
prefix + attribútumok = route
- Fontos attribútumok
 - AS-PATH
 - Azon AS-ek listája, amiken a prefix hirdetése keresztülment
 - Minden továbbhirdetéskor kiegészül
 - NEXT-HOP
 - Két AS akár több gateway páron keresztül is össze lehet kötve
 - Egyértelművé kell tenni, hogy melyik irányból jött a hirdetés
 - Ez alapján lehet meghatározni a kilépési linket és az irányt
- A kapott hirdetések kezelése a beállított politikától függ

- Útvektor alapú
 - Nem ismert a teljes topológia
 - Ismert a cél felé vezető AS-ek listája
- Csak a politikának megfelelő hirdetésekkel kell foglalkozni
- Több irányból is behirdetett prefixek esetén választani kell
 - Legrövidebb AS-PATH
 - Legközelebbi NEXT-HOP
 - Egyéb paraméterek

- A,B,C szolgáltatói hálózatok (provider network)
- X,W,Y a szolgáltatók klienseinek hálózatai
 - Az X két szolgáltatóhoz is be van kötve (dual homed)
- X nem szeretne B-ből C-be menő forgalmat átvinni
 - A C felől jövő hirdetések nem küldi tovább
- B sem szeretne Y-ból W felé küldött forgalmat továbbítani
 - Nem hirdeti az A-tól kapott *AW* utat C felé
 - X felé viszont hirdeti tovább *BAW* útként



- BGP vagy IP hijacking
 - Hibás hirdetések miatt magára húzza a forgalmat egy szervezet
 - Rossz konfiguráció katasztrofális hatással
- Például
 - 1997 április 25
 - "AS 7007 incident"
 - A MAI RIP információkat küldött szét BGP-vel
 - Fekete lyukká vált (black-hole)
 - 2006 január 22
 - A Con-Edison az Internet forgalom nagy részét elterelte
 - 2008 február 24
 - Pakisztán blokkolni akarta a bejövő youtube forgalmat
 - Az egész youtube-ot elérhetetlenné tette egy órára
 - 2017 augusztus 27
 - A Google hibája miatt sok szerver elérhetetlenné vált Japánban
 - BGP route leak – RFC 7908

- Politika

- Inter-AS

Egy szervezet kontrollálni szeretné, hogy milyen forgalom és hogyan mehet át az AS-en

- Intra-AS

Saját forgalom, saját adminisztráció, nincs szükség politikai döntésekre

- Nagyságrend

- A hierarchikus routing

csökkenti a táblabejegyzéseket és a routing hirdetési forgalmat

- Inter-AS – Kritikus

- Intra-AS – Nem annyira kritikus

- Teljesítmény

- Inter-AS

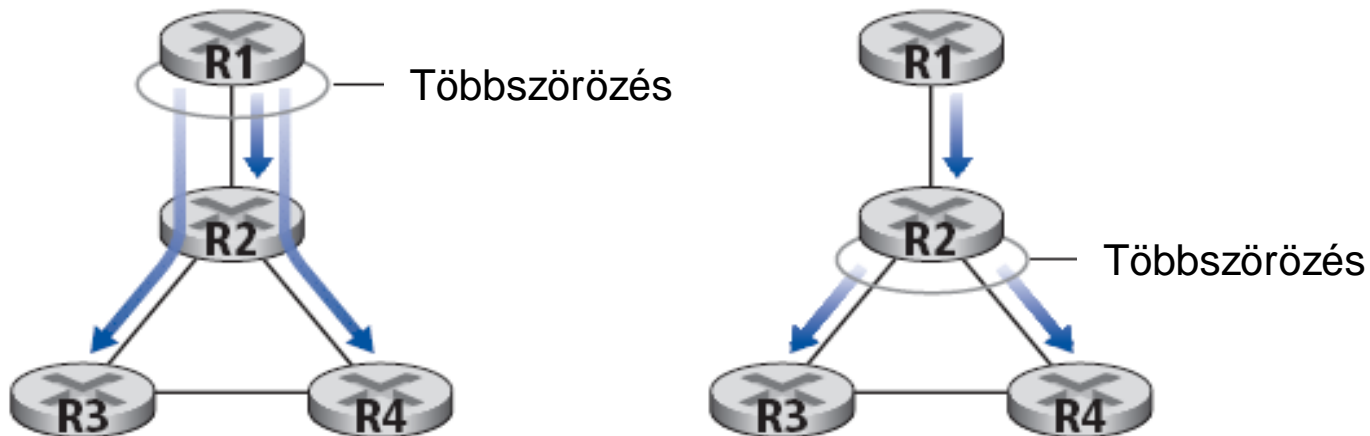
A politika fontosabb a teljesítménynél

- Intra-AS

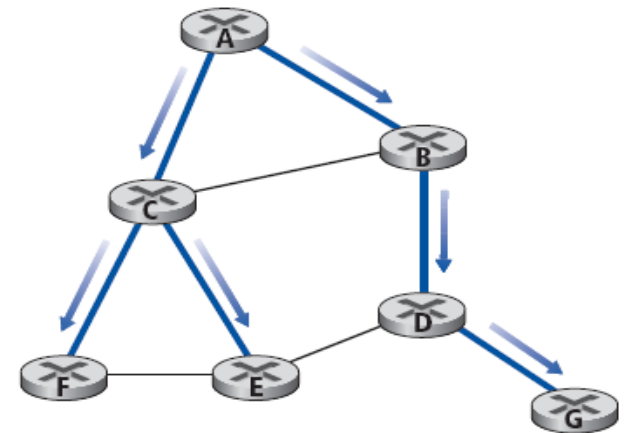
Koncentrálhat a teljesítményre

1. Hierarchikus routing
2. RIP
3. OSPF
4. BGP
5. Broadcast, Multicast

- Ugyanazt a datagramot kell eljuttatni az összes hoszthoz
- Egy LAN-on belül – data link rétegben kell megoldani
- Több hálózat esetén – a routerben szükséges a duplikálás
- Hol többszörözzünk?
 - A forráshoz közel – nem hatékony, és kérdés, hogy kik a célok
 - A közbeeső routereknél – az összesnél?



- Alapmegoldás: **elárasztás (flooding)**
 - Minden router minden irányba másolatot küld
 - Nyilván felesleges terhelést jelent
 - Vihar, broadcast storm alakulna ki – a többszörözött datagramot is többszörözzük...
- Korlátozott elárasztás
 - Csak a még nem látott datagramokat duplikálja és küldi tovább a router
 - Azonosított datagramok, vagy
 - Azonosított irányok
 - Csak a forrás felől jövőt fogadjuk el
Reverse Path Forwarding, RPF
- **Feszítőfa (spanning tree)** alkalmazása
 - Csak kiválasztott linkeken mehet a forgalom



- Egy datagramot több végponthoz kell eljuttatni
 - Például média-folyamok, videokonferencia
- IP esetén speciális címre küldjük
 - IPv4 : 224.0.0.0 / 4 tartomány (D osztály)
 - IPv6 : FF00::/8 tartomány
 - A cím egy csoportot jelöl ki, aminek tagjai fogadják az „adást”
- A csoporthoz csatlakozás és leiratkozás
 - **Internet Group Management Protocol (IGMP)**
 - A routernek tudnia kell, hogy van-e olyan hoszt akit rajta keresztül kell elérni, és tagja a csoportnak
- Elérés **feszítőfa** segítségével
- Útvonalak meghatározásához külön routing protokollok kellhetnek, vagy az unicast irányítást használjuk fel (**Protocol Independent Multicast, PIM**)



HÁLÓZATI RENDSZEREK
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK
TANSZÉK

